

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/014903

International filing date: 29 December 2004 (29.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: EP
Number: 03029928.3
Filing date: 29 December 2003 (29.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 17 March 2005 (17.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03029928.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

PCT/EP200 4 / 0 1 4 9 0 3

17 JAN 2005

Anmeldung Nr:
Application no.: 03029928.3
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 29.12.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Amrona AG
Oberallmendstrasse 16
6302 Zürich
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

A62C/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

AMRONA AG

EPO - Munich
86
29. Dez. 2003

29. Dezember 2003
M/AMR-017-EP
MB/RU/TR/cs2

Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem umschlossenen Raum (im folgenden auch „Zielraum“ genannt), bei welchem der Sauerstoffgehalt in dem umschlossenen Raum innerhalb einer vorgebbaren Zeit auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird.

5

Es ist bekannt, in geschlossenen Räumen einen Brand dadurch zu bekämpfen, dass die Sauerstoffkonzentration in dem betroffenen Bereich auf einen Wert von im Mittel etwa 12 Vol.-% abgesenkt wird. Bei dieser Sauerstoffkonzentration können sich die meisten brennbaren Materialien nicht mehr entzünden. Die bei diesem Verfahren resultierende Löschwirkung beruht auf dem Prinzip der Sauerstoffverdrängung. Die normale Umgebungs-
10 luft besteht bekanntlich zu 21 Vol.-% aus Sauerstoff, zu 78 Vol.-% aus Stickstoff und zu 1 Vol.-% aus sonstigen Gasen. Zum Löschen wird durch Einleiten von beispielsweise reinem Stickstoff als Inertgas die Stickstoffkonzentration in dem betreffenden Raum weiter erhöht und damit der Sauerstoffanteil verringert. Eine Löschwirkung
15 setzt ein, wenn der Sauerstoffanteil unter etwa 15 Vol.-% absinkt. Abhängig von den in dem betreffenden Raum vorhandenen brennbaren Materialien kann ein weiteres Absenken des Sauerstoffanteils auf beispielsweise die genannten 12 Vol.-% erforderlich sein.

20

Bei dieser „Inertgaslöschtechnik“, wie das Fluten eines brandgefährdeten oder im Brand befindlichen Raumes durch Sauerstoff verdrängende Gase, wie Kohlendioxid, Stickstoff, Edelgase und Gemische daraus, genannt wird, werden die Sauerstoff verdrängenden Gase bzw. Inertgase entweder in Stahlflaschen komprimiert gelagert oder bei Bedarf mittels eines Generators erzeugt. Im Brandfall wird dann das Gas über

Rohrleitungssysteme und entsprechende Austrittsdüsen in den betreffenden Zielraum geleitet.

Der zeitliche Verlauf einer mittels eines Inertisierungsverfahrens bewirkten Brandbekämpfung unterteilt sich im Wesentlichen in zwei Phasen, die Brandbekämpfungsphase und die Rückzündungsphase. Die Brandbekämpfungsphase ist die Phase, während welcher der Zielraum mit einem Sauerstoff verdrängenden Gas geflutet wird, um in dem Zielraum eine löschfähige Konzentration des eingeleiteten Inertgases zu erreichen. Die löschfähige Konzentration wird gemäß dem VdS als Konzentration definiert, bei der ein Brand mit Sicherheit auszuschließen ist. Die löschfähige Konzentration liegt unterhalb des sogenannten Rückzündungsverhinderungsniveaus und entspricht zum Beispiel bei EDV-Bereichen, elektrischen Schalt- und Verteilerräumen, umschlossenen Einrichtungen sowie bei Lagerbereichen mit Wirtschaftsgütern einer Sauerstoffkonzentration von etwa 11,2 Vol.-%.

Für die Brandbekämpfungsphase ist gemäß VdS vorgesehen, dass innerhalb von 60 Sekunden ab Flutungsbeginn die Sauerstoffkonzentration ein sogenanntes Rückzündungsverhinderungsniveau erreichen muss. Das Rückzündungsverhinderungsniveau ist eine Sauerstoffkonzentration, bei der ein (erneutes) Entzünden der im Zielraum vorhandenen Materialien gerade ausgeschlossen wird. Die Sauerstoffkonzentration des Rückzündverhinderungsniveaus ist von der Brandlast des Zielraumes abhängig und liegt beispielsweise bei EDV-Bereichen, elektrischen Schalt- und Verteilerräumen, umschlossenen Einrichtungen sowie bei Lagerbereichen mit Wirtschaftsgütern bei einer Sauerstoffkonzentration von etwa 13,8 Vol.-%.

Die Bedingung, dass in der Brandbekämpfungsphase innerhalb von 60 Sekunden die Sauerstoffkonzentration das Rückzündungsverhinderungsniveau erreichen muss, bestimmt die Steigung der Einschusskurve, die den Flutungsverlauf der Inertgasfeuerlöschanlage bzw. des Inertisierungsverfahrens am Anfang der Brandbekämpfungsphase beschreibt. Die Inertgasfeuerlöschanlage und das Inertisierungsverfahren sollten demgemäß ausgelegt sein.

An die Brandbekämpfungsphase, innerhalb welcher der Brand im Zielraum vollständig gelöscht wird, schließt sich die sogenannte Rückzündungsphase an. Die Rückzündungsphase ist eine Zeitperiode, in welcher der Sauerstoffgehalt nicht über das Rückzündungsverhinderungsniveau, d.h. beispielsweise über die genannten 13,8 Vol.-%, steigen darf. Hierbei ist gemäß den VdS-Richtlinien vorgesehen, dass die Rückzündungsphase über zehn Minuten andauern muss. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Inertgasfeuerlöschanlage und das Inertisierungsverfahren so ausgelegt sein müssen, dass nach Branderkennung der Zielraum derart mit Inertgas geflutet wird, um innerhalb von 60 Sekunden im Zielraum eine auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau liegende Sauerstoffkonzentration zu erreichen, wobei ferner diese Konzentration während der Brandbekämpfungsphase und der Rückzündungsphase nicht überschritten wird.

Fig. 1 zeigt den Flutungsverlauf einer mit einem herkömmlichen Inertisierungsverfahren betriebenen Inertgasfeuerlöschanlage am Beispiel eines mit einer EDV-Einrichtung bestückten Zielraums. Gemäß den VdS-Richtlinien liegt hier das aus Versuchen ermittelte Rückzündungsverhinderungsniveau bei einer Sauerstoffkonzentration von 13,8 Vol.-%; dieser Konzentrationswert wird gelegentlich auch „Grenzkonzentration“ genannt. Die löschfähige Konzentration, die sich aus dem Brandherdmaterial, einem raumspezifischem Parameter und einer Sicherheit zusammensetzt, liegt gemäß der Fig. 1 bei 11,2 Vol.-% und damit noch um 1,2 Vol.-% über einer für Personen und Tiere gefährlichen Sauerstoffkonzentration von 10 Vol.-%. Bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren entspricht die löschfähige Konzentration dem Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage.

In dem dargestellten Beispiel ist die eingesetzte Inertgasfeuerlöschanlage bzw. das Inertisierungsverfahren so ausgelegt, dass innerhalb von 60 Sekunden nach Branderkennung bzw. Auslösung des Inertisierungsverfahrens das Rückzündungsverhinderungsniveau (13,8 Vol.-%) durch Einschießen bzw. Fluten des Zielraumes mit Inertgas erreicht wird. Dabei ist vorgesehen, dass nach Erreichen des Rückzündungsverhinderungsniveaus die Sauerstoffkonzentration weiter herabgesetzt wird, bis die löschfähige Konzentration bzw. das Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage von 11,2 Vol.-% erreicht wird. Zu diesem Zeitpunkt ist der Brand in dem Zielraum vollständig ge-

löscht, und da das Fluten des Zielraumes mit Inertgas nach Erreichen des Inertisierungsniveaus bzw. der löschfähigen Konzentration eingestellt wird, steigt in der anschließenden Rückzündungsphase die Sauerstoffkonzentration im Zielraum (wegen Undichtigkeiten des Zielraumes) kontinuierlich an.

5

Es ist nun denkbar, den Zeitpunkt der Überschreitung des Rückzündungsverhinderungsniveaus über die „Tiefe“ des Inertisierungsniveaus der Inertgasfeuerlöschanlage einzustellen. Da jedoch die Dichtigkeit des Raumes die Steigung bzw. den Verlauf der Anstiegskurve der Sauerstoffkonzentration im Zielraum während der Rückzündungsphase vorgibt, kann der Zeitpunkt des Überschreitens des Rückzündverhinderungsniveaus (der 13,8 Vol.-%) nur über die Einstellung der löschfähigen Konzentration bzw. über das Festlegen des Inertisierungsniveaus der Inertgasfeuerlöschanlage erfolgen. Im vorliegenden Fall wird bei einer löschfähigen Konzentration von 11,2 Vol.-% erreicht, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau erst 600 Sekunden nach Ende der Brandbekämpfungsphase überschritten wird.

15

Bei dem aus dem Stand der Technik bekannten und vorstehend erläuterten Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem Zielraum liegt nun ein Nachteil darin, dass die während der Brandbekämpfungsphase durchgeführte Absenkung der Sauerstoffkonzentration auf das Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage grundsätzlich deutlich unter dem Rückzündungsverhinderungsniveau erfolgen muss, um zu erreichen, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau nicht frühzeitig nach Ende der Brandbekämpfungsphase überschritten wird, und um eine hinreichend lange Rückzündungsphase sicherzustellen. Von daher ist es bei den aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren erforderlich, eine deutlich größere Menge an Löschmittel verfügbar zu haben, als es letztendlich zur Brandbekämpfung notwendig wäre. Dies setzt voraus, das beispielsweise zusätzlicher Raum für Gasflaschen, in denen das Inertgas in komprimierter Form gelagert wird, bereitgestellt wird. Aufgrund der notwendigen Überdimensionierung der aus dem Stand der Technik bekannten Anlagen wird das Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes relativ kostenaufwendig.

20

25

30

- Ein weiterer Nachteil ist darin zu sehen, dass bei den aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren keine Möglichkeit besteht, nach Ende der Brandbekämpfungsphase ein frühzeitiges Überschreiten des Rückzündungsniveaus der Sauerstoffkonzentration im Zielraumes zu verhindern. Dies ist beispielsweise dann jedoch
- 5 erforderlich, wenn etwa die Dichtigkeit des Zielraumes nicht dem Auslegungswert entspricht. Ein solcher Fall ist nicht unwahrscheinlich, da Frischlufteinträge, d.h. Strömungsvorgänge über die Grenzen des Schutzraumes hinweg, aufgrund von beispielsweise unvorhergesehenen Leckagen in den Umfassungsbauteilen des Zielraumes oder
- 10 aufgrund einer Fehlfunktion der im Zielraum integrierten Lüftungs- und Klimaanlage auftreten können. Derartige unvorhergesehene Leckagen können bei der Betrachtung der Dichtigkeit des Raumes zur Auslegung des entsprechenden Inertisierungsverfahrens nicht berücksichtigt werden und führen in einem Brandfall zu einer nicht hinreichenden Löschwirkung des eingesetzten Verfahrens.
- 15 Der vorliegenden Erfindung liegt von daher das technische Problem zugrunde, ein Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes der vorstehend diskutierten Art anzugeben, mittels welchem eine möglichst genaue Auslegung der während des Inertisierungsverfahrens verwendeten Inertgasfeuerlöschanlage, und insbesondere eine
- 20 möglichst genaue Dimensionierung des bereitzustellenden Inertgases, bei gleichzeitiger Einhaltung der zur Brandlöschung erforderlichen Brandbekämpfungsphase und Rückzündungsphase möglich ist.
- Diese Aufgabe wird bei einem Inertisierungsverfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten
- 25 Regelbereich auf einem bestimmten Niveau, insbesondere dem Rückzündungsverhinderungsniveau, gehalten wird.
- Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass ein einfach zu realisierendes und dabei sehr effektives Verfahren zur Optimierung des Flutungsverlaufes einer
- 30 Inertgasfeuerlöschanlage erzielbar ist. Dadurch, dass die zur Brandlöschung vorgesehene Rückzündungsphase erfindungsgemäß über eine Regelung des Inertisierungsniveaus eingestellt wird, kann erreicht werden, dass ein während der Brandbekämpfungsphase eingestelltes Inertisierungsniveau nicht mehr die Zeitperiode der Rückzündungsphase

5 dungsphase vorgibt. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass das während der Brand-
bekämpfungsphase eingestellte Inertisierungsniveau einer Sauerstoffkonzentration im
Zielraum entsprechen kann, die nicht mehr deutlich unter dem Rückzündungsverhinde-
rungsniveau liegen muss, wie es bei den herkömmlichen, aus dem Stand der Technik
10 bekannten Inertisierungsverfahren der Fall ist. Somit wird für den gesamten Flutungs-
verlauf während des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens deutlich weniger
Löschmittel benötigt, wodurch das Inertisierungsverfahren und die zugehörige Inert-
gasfeuerlöschanlage genau an den Zielraum angepasst und ausgelegt sind. Insbeson-
dere entfällt hier die Lagerung großer Mengen Inertgas in Speicherbehältern. Durch
15 das erfindungsgemäße Verfahren, und insbesondere durch die Regelung des Inertisie-
rungsniveaus auf das Rückzündungsverhinderungsniveau, liegt während der Rückzün-
dungsphase in vorteilhafter Weise keine Übersteuerung der Inertgaskonzentration im
Zielraum vor. Dadurch, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren deutlich weniger
Löschmittel benötigt wird und keine Übersteuerung der Inertgaskonzentration im Ziel-
20 raum vorliegt, können auch eventuell im Zielraum vorgesehene Druckentlastungsklap-
pen kleiner dimensioniert werden. Erfindungsgemäß ist ferner ein bestimmter Regelbe-
reich vorgesehen, in welchem das Inertisierungsniveau auf dem Rückzündungsverhin-
derungsniveau gehalten wird. Dieser Regelbereich ist abhängig von beispielsweise der
Dichtigkeit des Zielraumes und/oder der Auslegung der Inertgasfeuerlöschanlage bzw.
der Sensibilität der im Zielraum eingesetzten Sensoren zur Bestimmung der Sauer-
stoffkonzentration.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

25 So ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Iner-
tisierungsverfahrens vorgesehen, dass das Inertisierungsniveau dem Rückzündungs-
verhinderungsniveau entspricht. Hierdurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, die
Dimensionierung bzw. Auslegung der Inertgasfeuerlöschanlage sehr genau an den Ziel-
raum (Dichtigkeit, Volumen, mögliche Brandherdmaterialien) anzupassen. So erfolgt in
30 dieser vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens
die Regelung des Inertisierungsniveaus im Zielraum bereits während der Brandbe-
kämpfungsphase auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau. Dadurch, dass während
des gesamten Flutungsverlaufes die Inertgaskonzentration im Zielraum zu keiner Zeit

- das Rückzündungsverhinderungsniveau außerhalb des Regelbereiches überschreitet, und insbesondere dadurch, dass somit eine deutliche Überschwingung der Inertgaskonzentration im Zielraum verhindert wird, kann erreicht werden, dass während der anfänglichen Flutung grundsätzlich nur exakt so viel Inertgas zum Einsatz kommt, wie es zur Brandlöschung erforderlich ist. Dadurch können die Speicherbehälter zur Lagerung des Inertgases deutlich kleiner dimensioniert werden bzw. eine entsprechende Anlage, wie etwa eine Stickstoffanlage zur Erzeugung des Inertgases, entsprechend kleiner ausgelegt werden.
- 10 Um zu erreichen, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau zu keiner Zeit während der Brandbekämpfungsphase und der Rückzündungsphase überschritten wird, ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass der obere Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich kleiner oder maximal gleich dem Rückzündungsverhinderungsniveau ist. Der Begriff „Schwellwert“ bezeichnet in diesem Zusammenhang die Restsauerstoffkonzentration, bei der die Inertgasfeuerlöschanlage wieder eingeschaltet bzw. bei der erneut Inertgas in den Zielraum eingegeben wird, um das Inertisierungsniveau als Sollwert zu halten oder erneut zu erreichen. Durch das Einschalten der Inertgasfeuerlöschanlage wird dann das Sauerstoff verdrängende Gas aus beispielsweise einem Inertgasreservoir oder einer Produktionsanlage in den Zielraum eingeleitet. In einem besonders bevorzugten Fall, wenn der obere Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich von dem Rückzündungsverhinderungsniveau beabstandet ist, liegt zusätzlich eine gewisse Sicherheit vor. Diese Sicherheit entspricht der Differenz aus dem Rückzündungsverhinderungsniveau und dem oberen Schwellwert. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass bereits im Rückzündungsverhinderungsniveau in der Regel eine gewisse Sicherheit berücksichtigt wurde. Der Regelbereich wird nach unten durch einen unteren Schwellwert begrenzt. Dieser untere Schwellwert entspricht der Sauerstoffkonzentration, bei der die Inertgasfeuerlöschanlage wieder ausgeschaltet bzw. das erneute Einleiten von Sauerstoff verdrängendem Gas in den Zielraum angehalten wird.
- 30 In einer besonders vorteilhaften Realisierung der letztgenannten Ausführungsform ist dabei vorgesehen, dass die Amplitude des Sauerstoffgehalts im Regelbereich eine Höhe von etwa 0,2 Vol.-% und vorzugsweise eine Höhe von maximal 0,2 Vol.-% hat.

Demgemäss beträgt die GröÙe des Bereichs der Restsauerstoffkonzentration zwischen der Ein- und der Ausschaltsschwelle der Inertgasfeuerlöschanlage etwa 0,4 Vol.-% und vorzugsweise maximal 0,4 Vol.-%. Selbstverständlich sind hier aber auch andere Amplituden des Sauerstoffgehalts im Regelbereich denkbar.

5

Besonders bevorzugt erfolgt die Regelung des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau unter Berücksichtigung der Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere unter Berücksichtigung des n_{50} – Wertes des Zielraumes, und /oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung. Die Luftwechselrate bezeichnet das
10 Verhältnis des erfolgten Leckagevolumenstromes in Relation zum vorhandenem Raumvolumen bei einer erzeugten Druckdifferenz zur Umgebung von 50 Pa. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Luftwechselrate ein Maß für die Dichtigkeit des Zielraumes und somit eine entscheidende GröÙe zur Dimensionierung der Inertgasfeuerlöschanlage ist. Mit zunehmender GröÙe des n_{50} -Werts steigt der Leckagevolumenstrom
15 in den oder aus dem gemessenen Zielraum. Hierdurch erhöhen sich die Frischlufteinträge in den Raum und die Inertgasverluste aus dem Raum. Beides führt dazu, dass die Inertgasfeuerlöschanlage mit einer größeren Leistungsfähigkeit projektiert werden muss. Die Dichtigkeit der den jeweiligen Zielraum begrenzenden Umfassungsbauteile wird mittels einer sogenannten BlowerDoor-Messung durchgeführt. Dabei ist vorgese-
20 hen, im Zielraum einen genormten Überdruck/Unterdruck von 10 bis 60 Pa zu erzeugen. Die Luft entweicht über die Leckageflächen der Umfassungsbauteile nach außen oder dringt dort ein. Ein entsprechendes Messgerät misst den erforderlichen Volumenstrom zur Aufrechterhaltung der zur Messung geforderten Druckdifferenz von z.B. 50 Pa. Nach Eingabe von Begleitwerten errechnet ein Auswertungsprogramm den n_{50} -
25 Wert des Raumes, der sich standardisiert auf die erzeugte Druckdifferenz von 50 Pa bezieht. Eine derartige BlowerDoor-Messung ist vor der konkreten Auslegung der Inertgasfeuerlöschanlage bzw. des Inertisierungsverfahrens, spätestens jedoch vor der Inbetriebnahme der Anlage durchzuführen. Durch die erfindungsgemäÙe Berücksichtigung der Luftwechselrate n_{50} des Zielraumes kann in vorteilhafter Weise eine noch-
30 mals verbesserte Anpassung der Dimensionierung der Inertgasfeuerlöschanlage und des Inertisierungsverfahrens an den Zielraum erreicht werden.

- Um zu erreichen, dass das Inertgasreservoir und/oder die Produktionsanlage optimal an den Zielraum ausgelegt werden können, erfolgt in bevorzugter Weise die Berechnung der Löschmittelmenge für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau und für das Halten des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau unter Berücksichtigung der Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere unter Berücksichtigung des n_{50} – Wertes des Zielraums, und /oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung.
- 5
- In einer besonders bevorzugten Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt, ist besonders bevorzugt eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdrucks im Zielraum vorgesehen. Demgemäss wird der Druck im Zielraum während der Flutung mit Inertgas bzw. mit dem Sauerstoff verdrängenden Gas gemessen, wobei so Sorge getragen wird, dass ein gewisser Raumdruck nicht überschritten wird.
- 10
- Dieses macht sich dann dadurch bemerkbar, dass die Steigung der Einschusskurve, d.h. die Steigung des Konzentrationsverlaufes des unmittelbar nach dem Auslösen der Inertgasfeuerlöschanlage in den Zielraum eingeleiteten Inertgases, an bestimmte Parameter des Zielraumes, wie etwa der Dichtigkeit und dem Volumen, angepasst wird.
- 15
- Um den Zielraum beim Fluten nicht aufzublasen, was einen erhöhten Verbrauch von Löschmittel zur Folge hätte, wird unter Umständen die Formgebung der Einschusskurve entsprechend flacher gehalten, so dass beispielsweise nicht bereits nach 60 Sekunden sondern erst kurze Zeit später, etwa 120 Sekunden oder 180 Sekunden, das Inertisierungsniveau erreicht wird. Durch die Regelung der Löschmittelzufuhr unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdruckes im Zielraum kann insbesondere das erfindungsgemäße Inertisierungsverfahren auch bei Zielräumen eingesetzt werden, die keine festen Wände haben oder in die keine Druckentlastungsklappen oder ähnliche Einrichtungen eingebaut werden können.
- 20
- 25
- 30
- In einer weiteren bevorzugten Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt, ist besonders bevorzugt eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases in Abhängigkeit des aktuellen Sauer-

stoffgehalts bzw. der aktuellen Löschmittelkonzentration im Zielraum vorgesehen. Denkbar wäre beispielsweise hierbei, den Sauerstoffgehalt im Raum zu messen, wenn als Löschmittel Stickstoff dient. Wenn hingegen als Löschmittel CO₂ zum Einsatz kommt, wird in bevorzugter Weise die CO₂-Konzentration im Zielraum gemessen, um
5 die Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases im Zielraum zu regeln.

Besonders bevorzugt ist in einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass der Sauerstoffgehalt in dem umschlossenen Raum innerhalb von 60 Sekunden oder weniger auf das bestimmte Inertisierungsniveau ab-
10 gesenkt wird. Damit wird erreicht, dass die von dem VdS vorgeschriebenen Richtlinien für CO₂-Feuerlöschanlagen erfüllt werden.

In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist hingegen vorgesehen, dass die Zeit, in welcher der Sauerstoffgehalt in dem Zielraum
15 auf das bestimmte Inertisierungsniveau abgesenkt wird, größer als 60 Sekunden beträgt. Dieses ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Flutung des Zielraumes mit Inertgas geregelt erfolgt, und insbesondere in Abhängigkeit des im Zielraum vorhandenen Druckes.

20 In einer möglichen Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist vorgesehen, dass der Sauerstoffgehalt im Zielraum durch Einleiten eines Sauerstoff verdrängenden Gases aus einem bereitgehaltenen Reservoir abgesenkt wird. Durch die Bereitstellung des Inertgases in einem Reservoir, wie etwa in entsprechenden Gasbe-
25 hälttern, kann ein rasches Einstellen des Inertisierungsniveaus in dem Zielraum erreicht werden. Als Sauerstoff verdrängende Gase kommen hier beispielsweise Kohlendioxid, Stickstoff, Edelgase und Gemische daraus in Frage, die in Stahlflaschen komprimiert oder die unkomprimiert in einem besonderen Inertgasreservoir (z.B. Zwischendecken) gelagert werden. Im Bedarfsfall wird dann das Gas über Rohrleitungssysteme und ent-
30 sprechende Austrittsdüsen in den Zielraum geleitet. Der Vorteil der Absenkung des Sauerstoffgehalts im Zielraum durch das Einleiten eines Inertgases aus einem bereitgestellten Reservoir, in welchem das Inertgas in komprimierter Form vorliegt, ist insbesondere auch darin zu sehen, dass durch die Expansion des komprimierten Gases zusätzlich zu dem Effekt der Sauerstoffverdrängung auch ein sich positiv auf die

Löschwirkung auswirkender Abkühlungseffekt erzielt wird, da dann die Expansionsenthalpie des komprimiert gelagerten Sauerstoff verdrängenden Gases direkt der Umgebung und insbesondere dem Zielraum entzogen wird.

- 5 In einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens wird das sauerstoffverdrängende Gas mittels einer Produktionsanlage bereitgestellt. Hierbei wäre es auch alternativ denkbar, eine Maschine, wie etwa Brennstoffzellen, einzusetzen, die aus dem Zielraum Sauerstoff entzieht. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist insbesondere darin zu sehen, dass hierbei auf spezielle Lagerräume für
10 beispielsweise ein Reservoir bzw. Gasflaschen, in welchem das sauerstoffverdrängende Gas gelagert wird, verzichtet werden kann. Als mögliche Realisierung einer Produktionsanlage für sauerstoffverdrängendes Gas kommt beispielsweise ein Stickstoffgenerator in Frage, in welchem die in Druckluft enthaltenen Bestandteile so gespalten und abgeleitet werden, dass ein Stickstoffstrom gewonnen wird. Dieser besitzt einen sehr
15 niedrigen Drucktaupunkt und einen festeingestellten Restsauerstoffgehalt, der kontinuierlich überwacht werden kann. Der über den Stickstoffgenerator gewonnene Stickstoffstrom wird über eine Rohrleitung dem Zielraum zugeführt, während die sauerstoffangereicherte Luft separat ins Freie abgeleitet wird. Der Vorteil einer derartigen Produktionsanlage ist insbesondere in ihrem relativ wartungsfreien Betrieb zu sehen.
20 Selbstverständlich sind aber auch andere Verfahren zur Herstellung des Sauerstoff verdrängenden Gases denkbar.

- Schließlich ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass das Sauerstoff verdrängende Gas aus
25 einem Reservoir bereitgestellt wird, um den Sauerstoffgehalt auf das bestimmte Inertisierungsniveau abzusenken, und das Sauerstoff verdrängende Gas aus einer Produktionsanlage bereitgestellt wird, um das Inertisierungsniveau auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau zu halten. Hierbei wäre es jedoch ebenso denkbar, dass zur Absenkung des Sauerstoffgehalts auf das bestimmte Inertisierungsniveau benötigte, Sauerstoff verdrängende Gas und das zum Halten des Inertisierungsniveaus auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau benötigte Gas aus einem Reservoir und/oder einer Pro-
30 duktionsanlage bereitgestellt wird.

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens zum Löschen eines Brandes in einem Zielraum anhand der Zeichnungen näher erläutert.

5 Es zeigen:

Fig. 1 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einem Inertisierungsverfahren aus dem Stand der Technik;

10 Fig. 2 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens;

Fig. 3 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens;
15 und

Fig. 4 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einer dritten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens.

20 Fig. 1 zeigt einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einem Inertisierungsverfahren aus dem Stand der Technik. Die Brandlöschung verläuft hierbei in drei Schritten. Im ersten Schritt wird der Brand in dem Zielraum erkannt und die Intergaslöschanlage aktiviert. Ferner wird die Energie in dem Zielraum, beispielsweise die Stromversorgung, abgeschaltet. Im Anschluss an die erste Phase erfolgt die eigentliche Brandbekämpfung in der Brandbekämpfungsphase, während welcher der Zielraum mit Inertgas
25 geflutet wird. In dem Diagramm von Fig. 1 stellt die Ordinatenachse die Sauerstoffkonzentration im Zielraum und die Abszissenachse die Zeit dar. Demgemäss erfolgt die Einleitung des Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum in den ersten 240 Sekunden, bis das Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage die löschrfähige
30 Konzentration von in diesem Fall 11,2 Vol.-% erreicht. Dabei ist der Flutungsverlauf so gewählt, dass bereits 60 Sekunden nach dem Auslösen des Inertisierungsverfahrens die Sauerstoffkonzentration im Zielraum das Rückzündungsverhinderungsniveau von hier 13,8 Vol.-% erreicht; das Rückzündungsverhinderungsniveau wird auch Grenzkon-

zentration GK genannt. Dieses Rückzündungsverhinderungsniveau ist die Sauerstoffkonzentration, bei welcher ein Wiederentzünden der im Zielraum befindlichen Brandmaterialien wirksam verhindert wird. Im vorliegenden Fall liegt demnach das Rückzündungsverhinderungsniveau bei 13,8 Vol.-% Sauerstoffgehalt.

5

Nach Erreichen der löschfähigen Konzentration (11,2 Vol.-%) beginnt die sogenannte Rückzündungsphase, in welcher keine weitere Einleitung von Inertgas in den Zielraum erfolgt. Die Rückzündungsphase ist in diesem Fall eine Zeitperiode von 600 Sekunden, in welcher die Sauerstoffkonzentration im Zielraum zu keiner Zeit das Rückzündungsverhinderungsniveau überschreitet.

10

Wie dem Kurvenverlauf von Fig. 1 deutlich zu entnehmen ist, wird bei dem Inertisierungsverfahren gemäß dem Stand der Technik die Einhaltung der Rückzündungsphase dadurch erreicht, dass die löschfähige Konzentration entsprechend niedrig angesetzt wird. Da während der Rückzündungsphase kein Inertgas mehr in den Zielraum einge-
 15 leitet wird, nimmt die Sauerstoffkonzentration kontinuierlich zu, bis zunächst das Rückzündungsverhinderungsniveau von 13,8 Vol.-% überschritten und letztendlich das Ausgangsniveau von 21 Vol.-% erreicht wird (nicht mehr explizit dargestellt). Dem in
 Fig. 1 dargestellten Flutungsverlauf ist insbesondere zu entnehmen, dass eine erhöhte
 20 Menge von Löschmittel erforderlich ist, um die Sauerstoffkonzentration in dem Zielraum während der Rückzündungsphase unter dem Rückzündungsverhinderungsniveau zu halten. Im vorliegenden Fall entspricht diese überhöhte Menge von Löschmittel der Fläche zwischen dem Rückzündungsverhinderungsniveau von 13,8 Vol.-% und dem Flutungsverlauf bzw. dem Kurvenverlauf der Sauerstoffkonzentration in dem Zielraum.

25

Fig. 2 zeigt einen Flutungsverlauf in dem Zielraum von Fig. 1 bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des hier dargestellten Flutungsverlaufes bzw. des zeitlichen Verlaufes der Sauerstoffkonzentration im Zielraum zu dem in Fig. 1 gezeigten Flutungsverlauf ist insbesondere darin zu sehen, dass hier nicht mehr zwischen einer Brandbekämpfungsphase und einer Rückzündungsphase im eigentlichen Sinne unterschieden wird. Nach dem
 30 Auslösen des Inertisierungsverfahrens wird die Sauerstoffkonzentration im Zielraum durch Fluten mit Inertgas innerhalb von 60 Sekunden auf das Inertisierungsniveau re-

duziert. Nach dem Erreichen des Inertisierungsniveaus, das hier bei 13,8 Vol.-% liegt, wird die Inertgaseinleitung gedrosselt und, nachdem die Sauerstoffkonzentration einen unteren Schwellwert in einem Regelbereich um das Inertisierungsniveau herum erreicht hat, vollständig eingestellt. Im weiteren Verlauf steigt dann die Sauerstoffkonzentration kontinuierlich auf Grund von beispielsweise Undichtigkeiten im Zielraum an, bis ein oberer Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich erreicht wird. Dieser obere Schwellenwert entspricht dem Rückzündungsverhinderungsniveau bzw. der Grenzkonzentration GK des Zielraumes. Dadurch wird sichergestellt, dass zu keiner Zeit die Sauerstoffkonzentration des Zielraumes die kritische Grenzkonzentration bzw. das Rückzündungsverhinderungsniveau überschreitet.

Beim Inertisierungsverfahren gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dann vorgesehen, dass bei Erreichen des oberen Schwellwertes erneut Inertgas in den Zielraum eingeleitet wird, um die Sauerstoffkonzentration wieder auf einen unteren Schwellwert des Regelbereiches abzusenken. Nach dem Erreichen des unteren Schwellwertes wird die Inertgaszufuhr in den Zielraum wieder angehalten. Somit wird das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau iterativ gehalten.

Im vorliegenden Fall ist die obere Grenze des Regelbereiches von dem Inertisierungsniveau identisch mit dem Rückzündungsverhinderungsniveau von 13,8 Vol.-%. Die Amplitude des Sauerstoffgehalts im Regelbereich entspricht hierbei einer Höhe von 0,2 Vol.-%. Bei dem in der Fig. 2 dargestellten Flutungsverlauf wird das Inertisierungsniveau nach der vorgebbaren Zeit von 60 Sekunden erreicht. Selbstverständlich ist hier aber auch eine andere Zeitspanne möglich.

Durch das erfindungsgemäße Halten des Inertisierungsniveaus aus dem Rückzündungsverhinderungsniveau wird erreicht, dass wesentlich weniger Löschmittel als bei einem herkömmlichen Inertisierungsverfahren benötigt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahren ist es ferner möglich, die Regelung des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau unter Berücksichtigung der Luftwechselrate n_{50} des Zielraumes durchzuführen. Wie der Fig. 2 zu

entnehmen ist, befindet sich die mittels des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens im Zielraum eingestellte Sauerstoffkonzentration grundsätzlich deutlich über der für Personen gefährlichen Konzentration von 10 Vol.-%. Dies ist ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens.

5

Fig. 3 zeigt einen Flutungsverlauf bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des Flutungsverlaufes zu dem in der Fig. 2 dargestellten Flutungsverlauf liegt nun darin, dass das Inertisierungsniveau niedriger als das Rückzündungsverhinderungsniveau ist. Dadurch wird eine weitere Sicherheit bzw. ein weiterer Sicherheitspuffer zwischen der oberen Grenze bzw. dem oberen Schwellbereich des Regelbereiches und dem Rückzündungsverhinderungsniveau bereitgestellt.

10

Fig. 4 zeigt einen Flutungsverlauf einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des Flutungsverlaufes gemäß der Fig. 4 zu dem in der Fig. 2 dargestellten Flutungsverlauf der ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist darin zu sehen, dass die Einschusskurve des Inertgases, d.h. die zu Beginn der Inertisierung bewirkte Herabsetzung des Sauerstoffgehalts im Zielraum, eine deutlich geringere Steigung aufweist, wodurch das Inertisierungsniveau später erreicht wird. Bei der dritten Ausführungsform erfolgt erfindungsgemäß das Absenken durch eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdrucks im Zielraum, um somit ein Aufblasen des Zielraumes zu vermeiden. Dies ist insbesondere für Zielräume geeignet, die keine festen Wände haben oder in denen keine Druckentlastungskappen eingebaut werden können.

20

25

Das erfindungsgemäße Verfahren setzt die permanente Überwachung des Sauerstoffgehaltes im Zielraum voraus. Hierzu wird über entsprechende Sensoren permanent die Sauerstoffkonzentration bzw. die Inertgaskonzentration im Zielraum ermittelt und einer Steuerung der Inertgasfeuerlöschanlage zugeführt, die in Erwiderung hierauf die Löschmittelzufuhr in den Zielraum steuert.

30

Selbstverständlich ist es auch möglich, das erfindungsgemäße Verfahren in einem mehrstufigen Inertisierungsverfahren einzusetzen. Dabei ist denkbar, das erfindungsgemäße Verfahren entweder bei einer einzelnen Stufe oder bei allen Stufen des mehrstufigen Inertisierungsverfahrens einzusetzen.

AMRONA AG

EPO - Munich
86
29. Dez. 2003

29. Dezember 2003
M/AMR-017-EP
MB/RU/TR/cs2

Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes

Patentansprüche

1. Interisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem umschlossenen Raum („Zielraum“), bei welchem der Sauerstoffgehalt in dem umschlossenen Raum innerhalb einer vorgegebenen Zeit (x) auf ein bestimmtes Inertisierungs-niveau abgesenkt wird,
5 dadurch gekennzeichnet, dass
das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf einem be-
stimmten Niveau, insbesondere dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R),
10 gehalten wird.
2. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
das Inertisierungsniveau dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) entspricht.
3. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
der obere Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich kleiner oder ma-
ximal gleich dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) ist.
- 25 4. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Amplitude des Sauerstoffgehalts im Regelbereich eine Höhe von etwa 0,2 Vol.-% hat.

5. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

5

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

die Regelung des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) unter Berücksichtigung der Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere
10 des n_{50} - Wertes des Zielraums, und /oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung erfolgt.

6. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

die Berechnung der Löschmittelmenge für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau und für das Halten des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) unter Berücksichtigung der der Luft-
20 wechselrate des Zielraumes, insbesondere des n_{50} - Wertes des Zielraums, und /oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung erfolgt.

7. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt,

25

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdrucks im Zielraum.

30

8. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt,

35

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases in Abhängigkeit des aktuellen Sauerstoffgehalts bzw. der aktuellen Löschmittelkonzentration im Zielraum.

- 5 9. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Zeit (x) 60 Sekunden oder kleiner beträgt.
- 10 10. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 die Zeit (x) größer als 60 Sekunden ist.
11. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 der Sauerstoffgehalt im Zielraum durch Einleiten eines Sauerstoff verdrängenden Gases aus einem bereitgehaltenem Reservoir abgesenkt wird.
12. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem das Sauer-
25 stoff verdrängende Gas mittels einer Produktionsanlage bereitgestellt wird.
13. Inertisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 das Sauerstoff verdrängende Gas aus einem Reservoir bereitgestellt wird, um
den Sauerstoffgehalt auf das bestimmte Inertisierungsniveau abzusenken, und
das Sauerstoff verdrängende Gas aus einer Produktionsanlage bereitgestellt
wird, um das Inertisierungsniveau auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau
35 zu halten.

MEISSNER, BOLTE & PARTNER GBR
Postfach 860624
81633 München

AMRONA AG

EPO - Munich
86

29. Dez. 2003

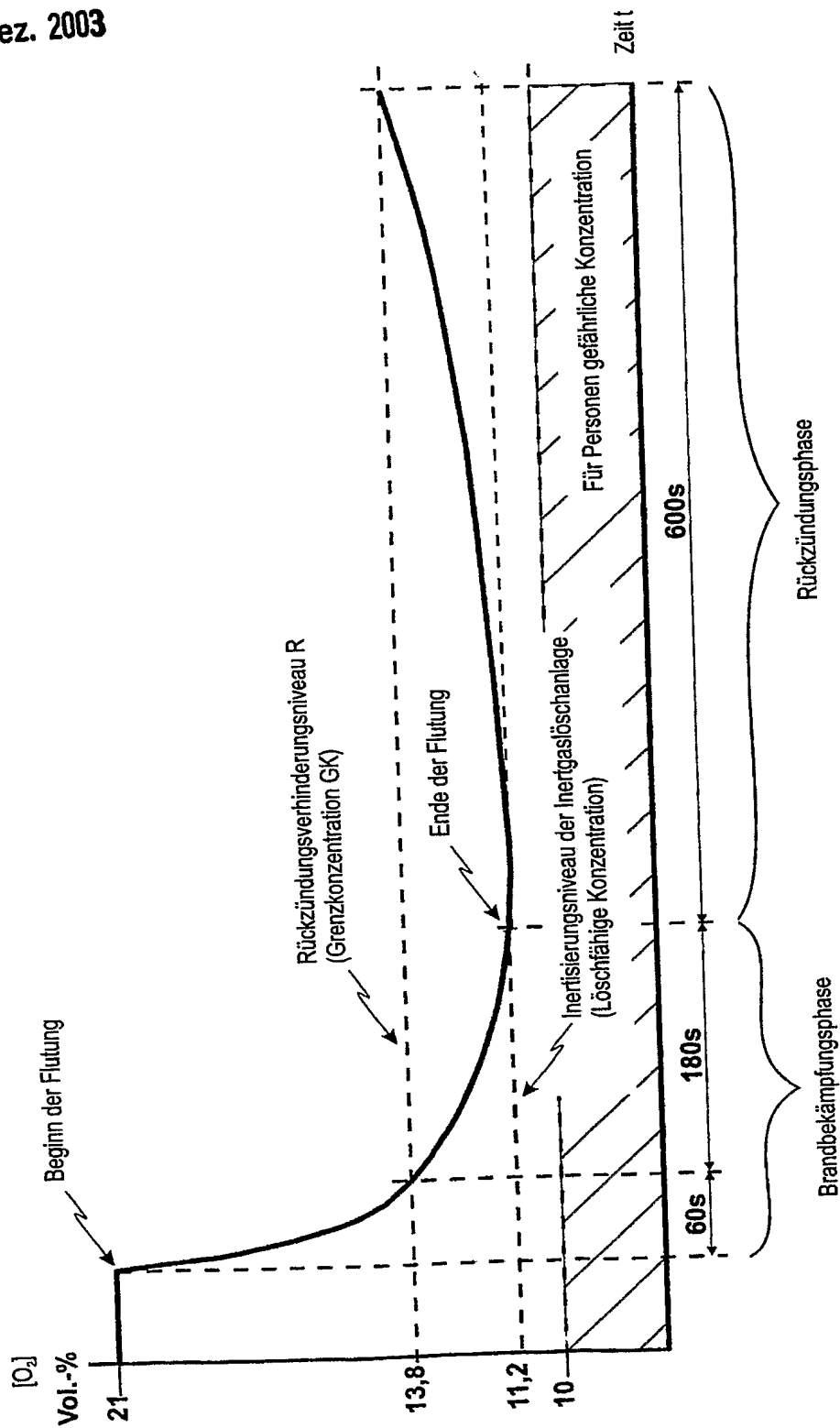
29. Dezember 2003
M/AMR-017-EP
MB/RU/TR/cs2

Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes

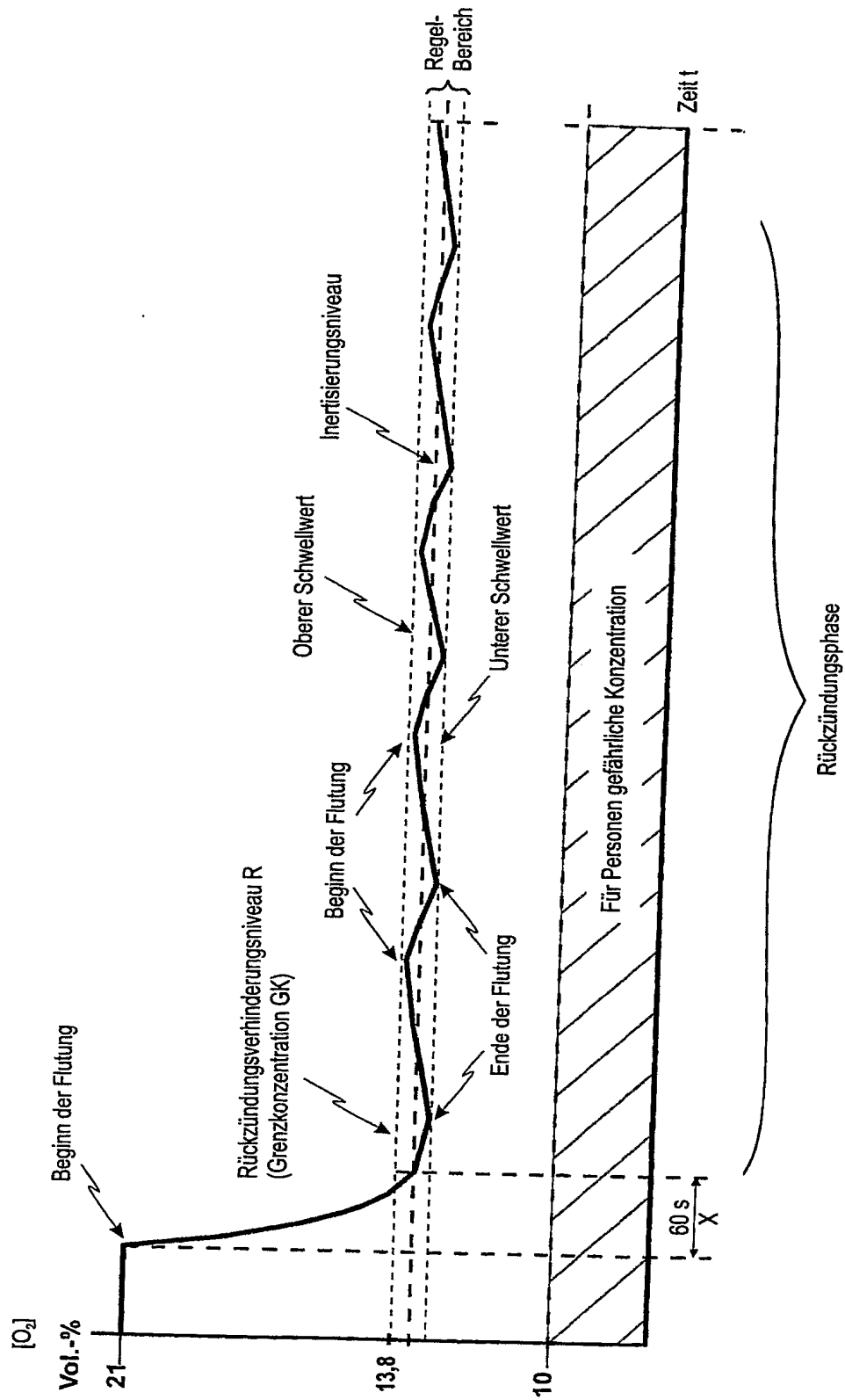
Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem umschlossenen Raum, bei welchem der Sauerstoffgehalt in dem umschlossenen Raum innerhalb einer vorgebbaren Zeit (x) auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird. Um eine möglichst genaue Auslegung der während des Inertisierungsverfahrens verwendeten Inertgasfeuerlöschanlage zu erreichen, und um insbesondere eine möglichst genaue Dimensionierung des bereitzustellenden Inertgases bei gleichzeitiger Einhaltung der zur Brandlöschung erforderlichen Brandbekämpfungsphase und Rückzündungsphase zu ermöglichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau gehalten wird.

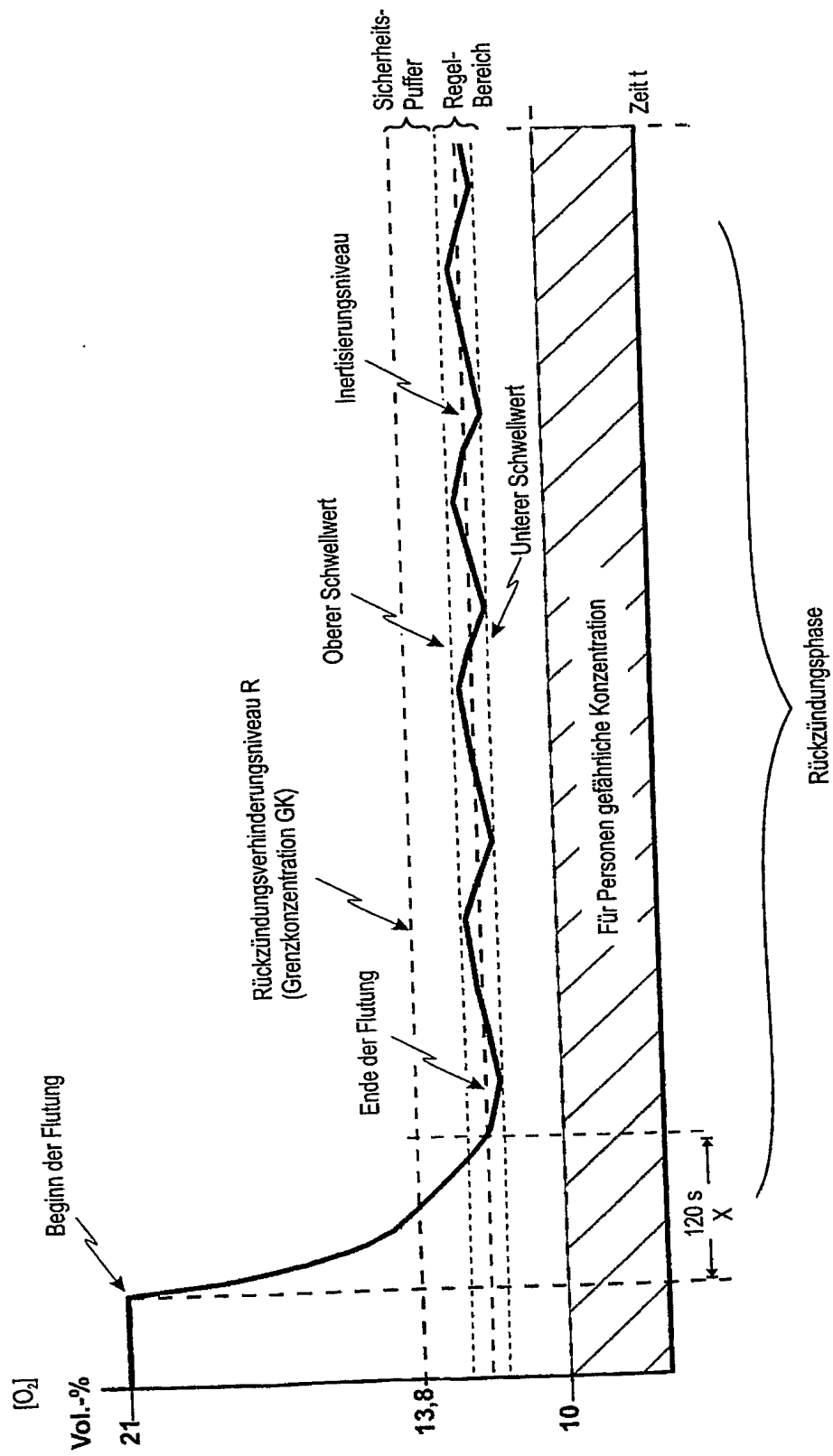
(Fig. 3)



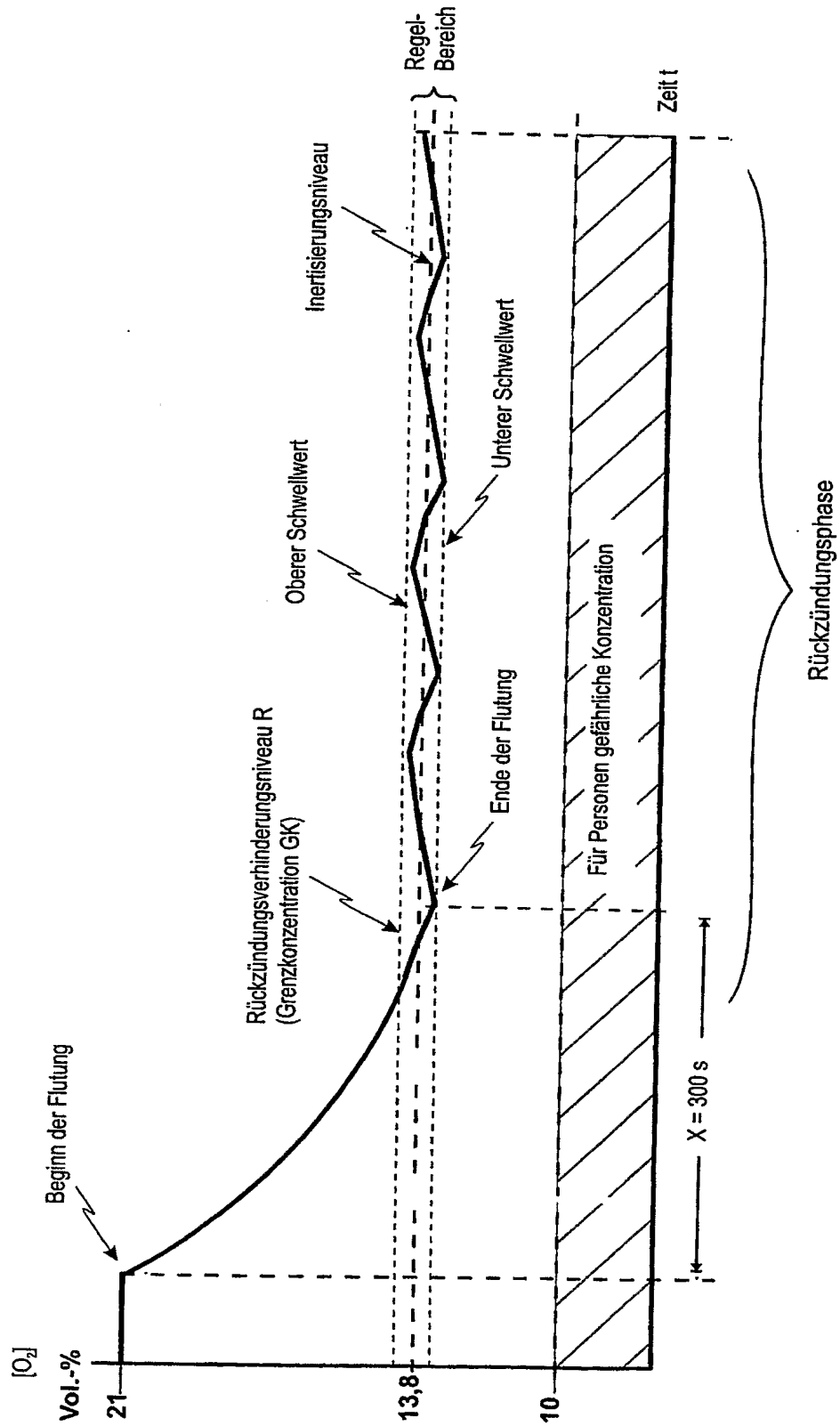
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

29. Dez. 2003

